



Ozeanographie - CO2 im Ozean

Klassische und moderne Beobachtungsmethoden der chemischen Ozeanographie im Einsatz für die Klimaforschung von Prof. Dr. Arne Körtzinger

Prof. Dr. Arne Körtzinger, Leibniz-Institut für Meereswissenschaften (IFM-GEOMAR), Kiel

Im Jahr 2006 überschritten anthropogene CO₂-Emissionen aus der Verbrennung fossiler Brennstoffe erstmals die Marke von 8 Milliarden Tonnen Kohlenstoff [1]. Diese kaum vorstellbare Menge entspricht einer Freisetzung von mehr als 55.000 Tonnen CO₂ pro Minute oder 4,6 Tonnen je Weltbürger und Jahr. Ein Bundesbürger liegt im Durchschnitt bei stattlichen 9,8 Tonnen pro Jahr, ein US-Amerikaner bringt es im Mittel sogar auf jährlich 19,0 Tonnen. Als unmittelbare Folge erreichte die Konzentration des atmosphärischen Treibhausgases CO₂ im Jahr 2009 einen Höchstwert von etwa 387 ppmv, was einem Anstieg um 35 % gegenüber vorindustriellen 280 ppmv entspricht.



Abb. 1 Proben aus der Tiefe: Ein Kranwasserschöpfer mit hochpräziser Sensorik für Temperatur, Salzgehalt, Druck, Sauerstoff und Chlorophyll kommt mit 24 Wasserproben an Deck. (Foto: G. Bourret, 1. Offizier Forschungsschiff L'Atalante).

Wir müssen in der Erdgeschichte um mindestens 2,1 Millionen Jahre – vermutlich sogar um gut 23 Millionen Jahre – zurückgehen, um ähnlich hohe CO₂-Konzentrationen vorzufinden. Der jährliche Anstieg des atmosphärischen CO₂-Gehalts von etwa 2 ppmv entspricht jedoch nur etwa der Hälfte der eingangs genannten Emissionen. Wir wissen, dass der Weltozean aktuell knapp 30 % (entspricht jährlich 2.2 Milliarden Tonnen Kohlenstoff = Gt C) der anthropogenen CO₂-Emissionen aufnimmt [2]. Kumulativ sind es seit Beginn der industriellen Revolution sogar gut 40 % [3]. Damit ist der Ozean nicht nur die zentrale Komponente des globalen Kohlenstoffkreislaufs, sondern auch von ausgesprochen großer Bedeutung für die langfristige Entwicklung des Klimas auf unserem Planeten. Aufgrund der gewaltigen Größe des marinen Kohlenstoffreservoirs (38.000 Gt C) ist die Detektion und Quantifizierung der Aufnahme und Speicherung von anthropogenem CO₂ im Ozean jedoch ausgesprochen kompliziert. So stellt das kumulative Inventar von anthropogenem CO₂ im Ozean mit 135 Gt C nur etwa 0.35 % des Gesamtinventars an gelöstem anorganischen Kohlenstoff dar [3] – nicht viel mehr als die berühmte Nadel im Heuhaufen. Berücksichtigt man zudem die hohe raumzeitliche Variabilität des gewaltigen natürlichen Kohlenstoffhintergrundes, so wird das eklatante Beobachtungsproblem deutlich.

In der chemischen Ozeanographie benutzen wir daher neben den klassischen Beobachtungsmethoden auch neue, teilweise autonome Ansätze, die uns eine höhere räumliche und/oder zeitliche Abdeckung ermöglichen. Zwar hat die klassische Forschungsseereise (Abb. 1) mit Entnahme und hochpräziser Analyse hunderter Wasserproben aus allen Tiefen und in allen Regionen des Weltozeans durchaus nicht ausgedient und bildet aufgrund der anders kaum erreichbaren Datenqualität nach wie vor das Rückgrat der Ozeanographie. Dennoch lässt sich die hohe Variabilität des marinen Kohlenstoffkreislaufs in Raum und Zeit so kaum erfassen und verstehen. Die moderne Meeresforschung beschreitet daher neue Wege, um hier Abhilfe zu schaffen und der Dynamik des Ozeans besser auf die Spur zu kommen. Ein solcher Weg ist die Nutzung von Handelsschiffen als Messplattform

L&M 2 / 2010



Diese Artikel wurden veröffentlicht in Ausgabe L&M 2 / 2010. Das komplette Heft zum kostenlosen Download finden Sie hier: [zum Download](#)

DER AUTOR:



Prof. Dr. Arne Körtzinger

WEITERE ARTIKEL ONLINE LESEN



Neue Wege des Proteindesigns nach dem Vorbild viraler Proteine

von Prof. Dr. Gerhard Thiel, Prof. Dr. Anna Moroni



Einblicke in die molekularen Grundlagen der Widerstandskraft der Wildtomate *Solanum pennellii*

von Anthony Bolger, Federico Scossa, Prof. Dr. Björn Usadel, Dr. Alisdair R. Fernie



Neueste Entwicklungen auf dem Gebiet der In-silico-Erforschung von Signalwegen

von PD Dr. Stephan A. Baeurle



Neues aus dem Reich der Pilze

von Martin Eckarts



Nicht überall, wo NAT draufsteht, ist PCR drin

von Dr. Gunnar Schalasta



Elektronischer Bio- Nachweis

von Prof. Dr. Luisa Torsi



Zeitvorteil - Plattformtechnologie für das Labor von morgen schon heute greifbar

von Prof. Dr. Frank Bier, Dr. Eva Ehrentreich-Förster, Dipl.-Ing. Soeren Schumacher



Aktuell - El Niño beeinflusst

Strömungspumpe in der Antarktis

von Prof. Dr. Martin Visbeck

NEWS

Schnell und einfach die passende Trennsäule finden

(Abb. 2a, b).

Abb. 2a Handelsschiff als Messplattform: Auf der Atlantic Companion führen wir zwischen Europa und der Ostküste Nordamerikas kontinuierliche CO₂-Messungen in Atmosphäre und Oberflächenwasser durch.

Abb. 2b Schmutziger Arbeitsplatz: Doktorand Tobias Steinhoff vor seiner CO₂-Messapparatur im Maschinenraum eines Handelsschiffs. (Foto: T. Steinhoff; IFM-GEOMAR)

Dazu werden komplizierte automatische Messgeräte auf Containerschiffen, Autofrachtern oder Bananendampfern – so genannten „Voluntary Observing Ships“ – installiert, mit denen sich rund um die Uhr und entlang der regelmäßig befahrenen Schiffsrouten Daten gewinnen lassen, die über Satellitentelemetrie zeitnah übertragen werden. Unser heutiges detailliertes Verständnis der Verteilung natürlicher CO₂-Quellen und -Senken im Weltozean ist erst durch diesen Beobachtungsansatz ermöglicht worden [4]. Leider ermöglichen diese Messungen vom fahrenden Schiff nicht den Blick in das Innere des Ozeans, doch auch hier existieren inzwischen neue Beobachtungstechnologien. Für ortsfeste Messungen, auch Eulerscher Beobachtungsansatz genannt, stehen druckfeste autonome Messgeräte für den Einsatz auch in großen Wassertiefen und über Zeiträume von einem Jahr und länger zur Verfügung. Allerdings ist im Bereich der Sensorentwicklung aufgrund der sehr hohen Anforderungen in puncto Genauigkeit, Langzeitstabilität und nicht zuletzt auch mechanischer Robustheit noch einiges zu leisten, weshalb wir in einer Kooperation mit der Kieler Firma Contros einen leistungsfähigen CO₂-Sensor entwickeln. Für Messungen von einer frei driftenden Plattform, auch als Lagrangescher Beobachtungsansatz bekannt, stehen robotische Geräte zur Verfügung, die jahrelang durch die Strömungen völlig frei im Ozean verdriftet werden. Diese Tiefendrifter können ihr spezifisches Gewicht durch eine ölgefüllte Blase variieren und so die Tauchtiefe regulieren. In regelmäßigen Abständen (z.B. alle 7 Tage) tauchen sie auf 2000 Meter Tiefe, um von dort langsam aufzusteigen und dabei profilierende Messungen durchzuführen und die Daten an der Oberfläche sofort per Satellitentelemetrie abzusetzen. Bisher wurden diese Instrumente nur von physikalischen Ozeanographen für die Messung von Temperatur und Salzgehalt eingesetzt. So sind gegenwärtig mehr 3.200 dieser über mehrere Jahre aktiven Einweggeräte im Weltozean unterwegs. In jüngster Zeit hat auch die marine Biogeochemie die hervorragenden Möglichkeiten dieser Plattform entdeckt. So konnten wir durch den Einsatz moderner optischer Sauerstoffsensoren völlig neue Einblicke in die Dynamik des gelösten Sauerstoffs im Meer und in den Gasaustausch zwischen Ozean und Atmosphäre gewinnen [5].

Abb. 3 Roboter vor dem Abtauchen: Nur die Satellitenantennen und Sensoren eines autonomen Tiefendrifters ragen aus dem Wasser bei den Kapverdischen Inseln. (Foto: B. Fiedler; IFM-GEOMAR)

In einem brandaktuellen Pilotprojekt haben wir weltweit erstmals auch CO₂-Sensoren auf profilierenden Tiefendriftern eingesetzt und damit hoch aufgelöste Vertikalprofile von Temperatur, Salzgehalt, Sauerstoff und CO₂-Partialdruck über viele Monate im tropischen Atlantik aufnehmen können (Abb. 3). Aus der Kombination der Daten dieser unterschiedlichen Beobachtungsansätze können wir ein konsistentes Bild der natürlichen Schwankungen im marinen Kohlenstoffkreislauf und der physikalischen und biogeochemischen Antriebsfaktoren entwickeln. Ausgehend von dieser Kenntnis lässt sich die ozeanische Aufnahme von anthropogenem CO₂, die ja für unsere Klimaentwicklung von entscheidender Bedeutung ist, sehr viel besser quantifizieren und verstehen. Das riesige Kohlenstoffreservoir des Ozeans ist Segen und möglicherweise auch Fluch zugleich – es stellt eine hohe Aufnahmekapazität für atmosphärisches CO₂ zur Verfügung und birgt aufgrund der Klimasensitivität der beteiligten Systeme zugleich ein hohes Rückkopplungspotenzial, das wir bisher nur sehr wenig verstehen [6]. Eine Situation, die uns chemischen Ozeanographen ein volles Hausaufgabenheft beschert.



Mit dem HPLC-Säulenkonfigurator unter www.analytiks-shop.com können Sie stets die passende Säule für jedes Trennproblem finden. Dank innovativer Filtermöglichkeiten können Sie in Sekundenschnelle nach gewünschtem Durchmesser, Länge, Porengröße, Säulenbezeichnung u.v.m. selektieren. So erhalten Sie aus über 70.000 verschiedenen HPLC-Säulen das passende Ergebnis für Ihre Anwendung und können zwischen allen gängigen Herstellern wie Agilent, Waters, ThermoScientific, Merck, Sigma-Aldrich, Chiral, Macherey-Nagel u.v.a. wählen. Ergänzend stehen Ihnen die HPLC-Experten von Altmann Analytik beratend zur Seite – testen Sie jetzt den kostenlosen HPLC-Säulenkonfigurator!

© Text und Bild: Altmann Analytik

[mehr Informationen hier](#)

ZEISS stellt neue Stereomikroskope vor



Aufnahme, Dokumentation und Teilen von Ergebnissen mit ZEISS Stemi 305 und ZEISS Stemi 508

ZEISS stellt zwei neue kompakte Greenough-Stereomikroskope für Ausbildung, Laborroutine und industrielle Inspektion vor: ZEISS Stemi 305 und ZEISS Stemi 508. Anwender sehen ihre Proben farbig, dreidimensional, kontrastreich sowie frei von Verzerrungen oder Farbsäumen.

© Text und Bild: Carl Zeiss Microscopy GmbH

[mehr Informationen hier](#)

Literatur:

- [1] Boden, T.A., G. Marland and R.J. Andres (2009). *Global, Regional, and National Fossil-Fuel CO2 Emissions*. Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, U.S. Department of Energy, Oak Ridge, Tenn., U.S.A., doi: 10.3334/CDIAC/00001.
- [2] Houghton, R.A. (2007). *Balancing the global carbon budget*. *Annu. Rev. Earth Planet. Sci.*, 35: 313-347, 2007.
- [3] Sabine, C.L. und T. Tanhua (2009). *Estimation of anthropogenic CO2 inventories in the ocean*. *Ann. Rev. Mar. Sci.*, 2: 175-198.
- [4] Watson, A.J., U. Schuster, D.C.E. Bakker, N.R. Bates, A. Corbière, M. González-Dávila, T. Friedrich, J. Hauck, C. Heinze, T. Johannessen, A. Körtzinger, N. Metzl, J. Olafsson, A. Olsen, A. Oschlies, X.A. Padin, B. Pfeil, J.M. Santana-Casiano, T. Steinhoff, M. Telszewski, A.F. Rios, D.W.R. Wallace und R. Wanninkhof (2009). *Tracking the variable North Atlantic sink for atmospheric CO2*. *Science*, 326: 1391-1393.
- [5] Körtzinger, A., J. Schimanski, U. Send und D.W.R. Wallace (2004). *The ocean takes a deep breath*. *Science*, 306, 1337.
- [6] Riebesell, U., A. Körtzinger und A. Oschlies (2009). *Sensitivities of marine carbon fluxes to ocean change*. *Proc. Nat. Acad. Sci. USA*, 106: 20602-20609.

(Foto: G. Bourret, 1. Offizier Forschungsschiff L'Atalante).



Der Verlag zum Portal
succidia
Sie wollen auf Printmedien nicht verzichten? Das ist klug. Klicken Sie hier.
Sie werden automatisch auf die succidia Homepage geführt.